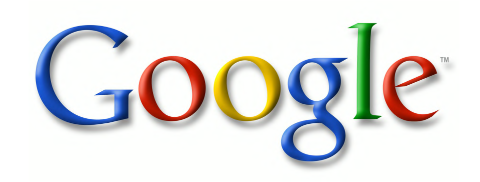
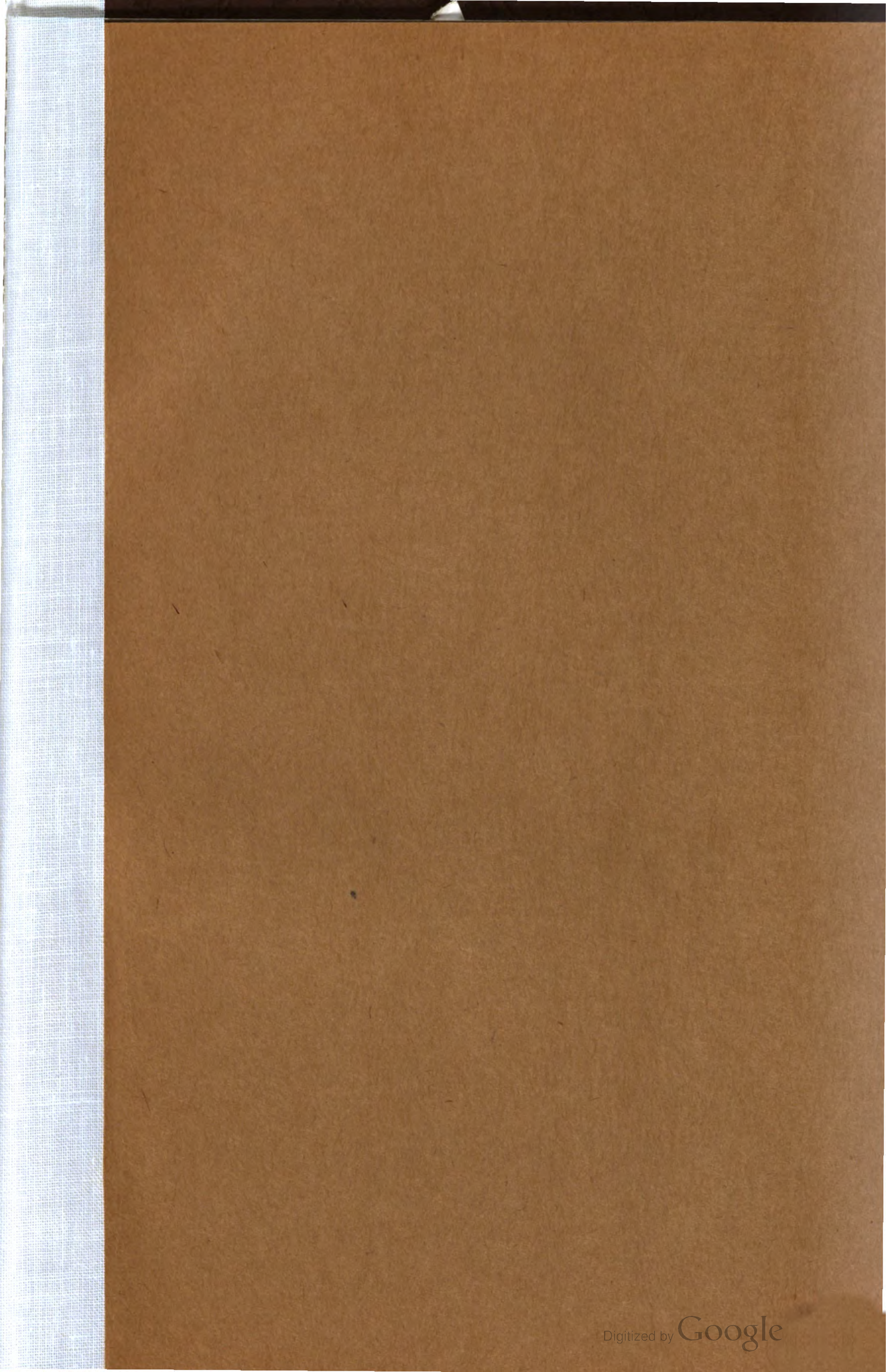



UC-NRLF
C 2 530 777



Dr. VALDEMAR POULSEN

LA TÉLÉPHONIE SANS FIL

RAPPORT OFFICIEL AU CONGRÈS INTERNATIONAL DES APPLICATIONS ÉLECTRIQUES, TURIN, SEPTEMBRE 1911

COPENHAGUE

IMPRIMERIE HERTZ

1912

Dr. VALDEMAR POULSEN

LA TÉLÉPHONIE SANS FIL

Une téléphonie sans fil a été établie par de différents procédés. Ainsi, en 1878 déjà, Graham Bell, tirant parti des qualités bien connues du sélénium, a établi une communication par la téléphonie sans fil sur de petites distances; ses expériences ont été reprises plus tard par d'autres qui ont réussi à obtenir des résultats même sur des distances assez grandes. Cette méthode, toutefois, n'a jamais joué aucun rôle important; et, par le fait, entre autres, que la communication téléphonique ne pourra être maintenue que tant que la ligne de mire entre les deux stations reste sans obstacles, elle ne sera guère à l'avenir d'un usage plus fréquent; je ne m'attarderai donc pas à en faire la description en détail. Les systèmes qui sont basés sur l'application de courants induits entre de grands circuits, ainsi que ceux qui se servent de la terre comme d'un simple conducteur électrique, n'ont pas, eux non plus, acquis d'importance appréciable et ne possèdent pas les qualités exigibles pour un perfectionnement ultérieur; il n'y a donc pas lieu de les décrire à cette occasion.

Il nous reste à parler de la téléphonie sans fil qui est basée sur l'application d'ondes électromagnétiques; on fait de cette méthode un usage déjà assez considérable et elle possède par ses principes fondamentaux toutes les chances voulues pour obtenir une importance de plus en plus grande.

Le lendemain des expériences que Marconi avait faites en Italie et en Angleterre, et qui avaient inauguré une ère nouvelle dans la télégraphie, un grand nombre de physiciens et de techniciens dans le monde entier ont commencé à s'occuper activement d'expériences ayant pour but d'amener, dans une téléphonie sans fil, des résultats analogues à ceux qu'avait obtenus Marconi dans la télégraphie sans fil. Mais, tandis que les distances que Marconi pouvait franchir au moyen de la télégraphie allaient toujours en aug=

mentant, et qu'il réussissait, des quelques kilomètres du début, à franchir des milliers de kilomètres, les essais d'établir une téléphonie sans fil sont restés, au point de vue pratique, longtemps infructueux. Parmi les difficultés qui se présentaient il faut indiquer celles qu'opposait le détecteur. Le cohéreur employé tout d'abord dans la télégraphie sans fil était dans une téléphonie sans fil aussi inapplicable qu'il était utile pour l'enregistrement des signaux télégraphiques. Même après la constitution des cohéreurs autodécohérents, ainsi que du détecteur électrolytique et des différents détecteurs thermiques et à contact qui ont, par leur fonction continue, des avantages qui les rendent propres à une téléphonie sans fil, on n'a pas réussi à trouver un procédé qui fût utile dans l'usage.

Les oscillateurs d'ondes électromagnétiques qu'on connaissait alors opposaient les mêmes difficultés que celles qui se présentaient quand on voulut établir, en 1861, une téléphonie basée sur les appareils de Reiss.

Reiss produisait dans le transmetteur une série d'interruptions successives du courant, lesquelles, étant par leur fréquence en concordance avec l'onde sonore qui faisait fonctionner le transmetteur, par cette raison ne produisaient au récepteur que la fréquence de l'action, sans en reproduire ni l'intensité, ni le timbre; il était donc impossible d'obtenir par ce procédé une transmission de la parole utilisable dans la pratique. D'une maniére analogue, une téléphonie sans fil à étincelles électriques n'admet que l'emploi de trains successifs d'ondes non entretenues, qui sont toujours séparés par des intervalles de repos relativement considérables. Il en résulte que, même dans les cas où l'on pourrait établir une concordance entre la fréquence d'étincelles et la fréquence de l'action, et où l'on pourrait en plus donner à chaque décharge une puissance correspondante à l'intensité de l'action, que même s'il était possible de résoudre ces problèmes extrêmement difficiles, on n'obtiendrait tout au plus qu'une reproduction très imparfaite de la voix analogue à peu près à celle que donnerait le téléphone de Reiss.

La téléphonie ordinaire ne date que des inventions de Bell et de Hughes; ceux-ci ont constitué des appareils qui permettent de

produire des courants électriques, lesquels, par les variations qui s'y établissent, donnent une reproduction exacte des variations d'impressions causées par l'action des ondes sonores. Le développement a été analogue pour la téléphonie sans fil: *une fois les moyens connus pour produire des ondes électromagnétiques entretenues, il ne restait qu'à appliquer les appareils de la téléphonie ordinaire en les combinant avec les détecteurs à contact employés dans la télégraphie sans fil, et l'on avait réussi à établir une transmission distincte et nette de la parole entre des postes non trop éloignés l'un de l'autre.*

Cependant, il est peut-être utile de donner des commentaires de quelques-uns des apparails et des organes qui font partie d'une telle station de téléphonie sans fil.

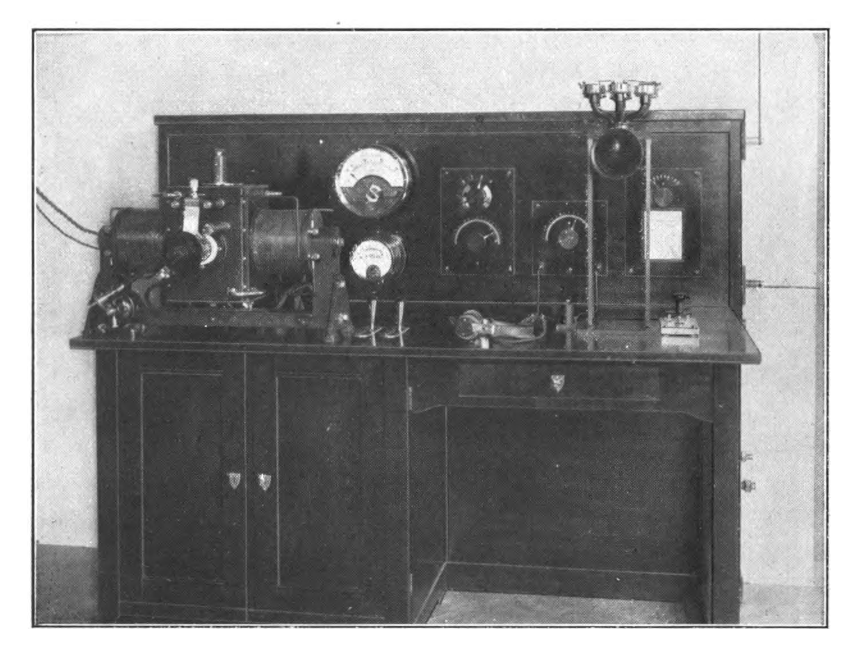
Pour produire les ondes entretenues employées dans la téléphonie sans fil, on s'est servi jusqu'à présent particulièrement de *l'arc à hydrogène*, disposé de différentes manières [1]). Les oscillateurs mécaniques à haute fréquence qu'on a construits jusqu'à présent sont assez coûteux: ils n'ont trouvé qu'un emploi restreint dans la téléphonie sans fil, et il est peu probable qu'ils y obtiennent un usage plus fréquent dans l'avenir.

Le microphone ordinaire est destiné à fonctionner pour des intensités de courants très petites seulement, et il n'est donc pas, à proprement parler, de nature à être appliqué dans la téléphonie sans fil, où il est de la plus grande importance que le microphone puisse supporter des courants très puissants. En effet, les distances que l'on peut franchir aujourd'hui au moyen de la téléphonie sans fil, sont déterminées principalement par les quantités d'énergie que les microphones sont à même de porter. Tout perfectionnement sur ce point apporté au microphone, aura pour résultat immédiat d'augmenter les distances. A l'appui de ce que nous venons de dire, nous ferons remarquer qu'on est parvenu, en appliquant des ondes entretenues, à obtenir une vitesse télégraphique de 150 mots par minute, sur une distance de 1500 km. De la vitesse télégraphique indiquée il résulte que la durée d'un point

---

[1]) V. POULSEN, *Transact. of the Int. Electr. Congr. St. Louis,* 2, 963, 1904–05; *E. T. Z.*, 27, 1040, 1906; 27, 1075, 1906.

sera de $\frac{1}{100}$ de sec. La réception dans la télégraphie à grande vitesse s'opère au moyen d'un galvanomètre à fil, et les signaux sont enregistrés à l'aide de la microphotographie. Il est hors de doute que l'oreille, suppléée d'un téléphone, constitue un appareil d'une sensibilité qui est bien plus grande pour les modifications



Disposition combinée radio télégraphique et radio téléphonique, système Poulsen (modèle 1909).

du courant correspondant à la voix que celle du dispositif d'enregistrement que nous venons de décrire. Ainsi, il est certain que si l'on avait des microphones qui sous l'action des paroles pouvaient varier les ondes émises par le transmetteur dans la même mesure que cela se produit dans la télégraphie à grande vitesse, où la variation consiste à donner aux longueurs d'ondes une variation d'environ $\frac{1}{2}$ %, on parviendrait à établir une téléphonie distincte sur les mêmes distances.

Pour augmenter la puissance des microphones on en a essayé plusieurs dispositions différentes. Ainsi on a essayé de les construire plus grands, tout en tendant davantage la membrane afin d'éviter une fréquence naturelle trop basse [1]); en augmentant la grandeur du microphone, on en augmente aussi la faculté de pouvoir supporter des courants de grande puissance. Par un refroidissement artificiel au moyen de courants de liquides

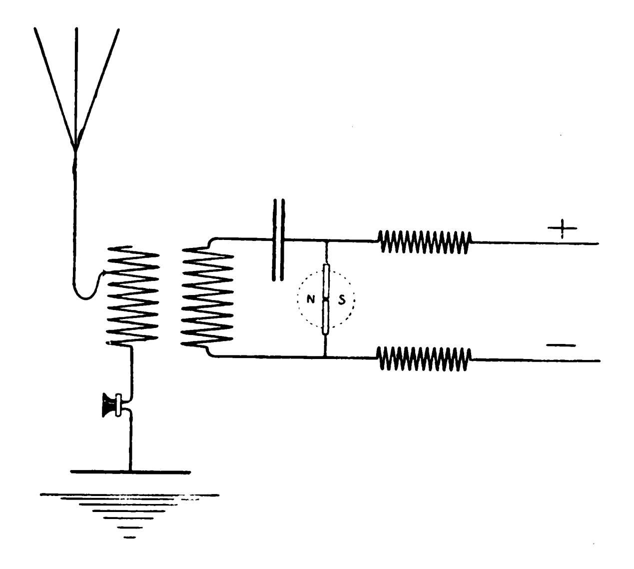


Fig. 1

ou d'air, on a encore essayé d'éloigner la chaleur produite. Ces propositions et tous ces essais n'ont pas toutefois conduit à un résultat définitif et, selon moi, on obtient des résultats tout aussi satisfaisants en appliquant une série de plusieurs microphones ordinaires. Il convient cependant de faire remarquer que les microphones à grains de charbon ne se prêtent guère à

[1]) Voir, entre autre, la construction de Ejner et Holmstroem dans: BELA GATI *Recherches sur les microphones et sur la téléphonie.* IIe Conférence internationale des Techniciens: »La téléphonie à grande distance«, Paris.

être disposés parallèlement, du fait que leur résistance décroît quand la température s'élève; d'où il résulte qu'une surcharge accidentelle de l'un des microphones en provoquera, grâce à la résistance amoindrie, la surcharge ultérieure, ce qui le rendra enfin impropre à tout fonctionnement. Ainsi il est possible que l'application de microphones à grains métalliques jouera un rôle important dans la téléphonie sans fil. Il s'est montré utile de remplacer

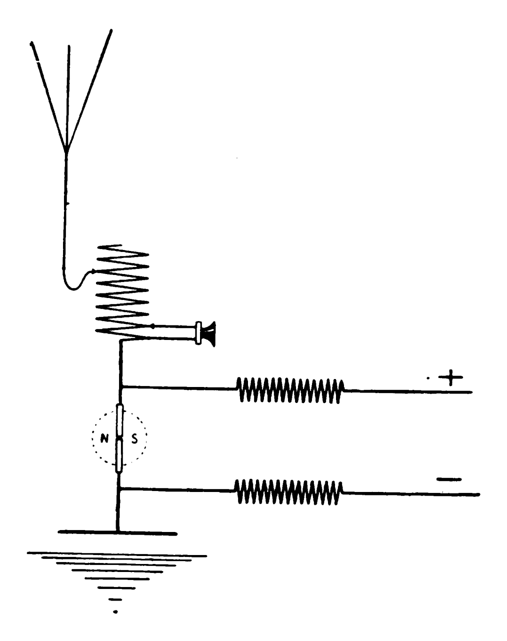


Fig. 2.

les anneaux de feutre, ainsi que les autres anneaux du même genre employés dans les microphones ordinaires, par des anneaux d'un matériel non carbonisable, tel que la laine de verre. En utilisant plusieurs microphones, on doit veiller à ce que l'entonnoir commun soit construit de façon à donner la même phase à tous les microphones.

Cependant il est douteux que des progrès importants dans la construction des microphones puissent se réaliser tant que l'on ne

s'engage pas dans des voies nouvelles; en effet Majorana a réussi à appliquer avantageusement un nouveau procédé dans son microphone à jet liquide.

Diagrammes de transmission. — On a appliqué et surtout proposé tant de dispositifs plus ou moins différents pour la transmission de la parole, que la description de chacun d'eux nous entraînerait trop loin; nous pouvons d'autant mieux omettre cette description, que la plupart des dispositions proposées ne sont guère d'une utilité bien grande dans la pratique, et que la différence entre les divers dispositifs existe plutôt au point de vue des brevets qu'au point de vue technique.

L'effet du transmetteur consiste principalement en deux phénomènes: les variations de la résistance du microphone, produites sous l'influence des vibrations de la voix, amènent en premier lieu des variations dans la puissance radiée et modifient éventuellement en second lieu la longueur d'ondes au poste transmetteur. Le premier de ces effets se produit toujours, et dans les cas où l'on aurait employé des oscillateurs mécaniques, il sera le seul; en appliquant des arcs voltaïques à hydrogène on peut encore obtenir le second effet à un degré plus ou moins haut. Les recherches approfondies sur cette question restent encore à faire.

Dans l'usage on a généralement employé la disposition indiquée dans la figure 1, où le microphone est intercalé dans l'antenne, celle-ci étant accouplée inductivement au circuit primaire. Il va de soi que le microphone, comme l'indique d'ailleurs la figure, est placé entre la bobine de l'antenne et la terre. Il est d'une grande importance de choisir le degré le plus avantageux d'accouplement des circuits. En effet les expériences ont démontré que si l'accouplement en question est trop fort, les paroles transmises seront reproduites indistinctement et entremêlées à des sons parasites. En relâchant l'accouplement par degrés jusqu'à un certain point, on augmente l'intensité du son et, par cela même, la netteté des paroles transmises; si l'on continue à relâcher, l'intensité tendra à décroître, tandis que la reproduction des paroles restera distincte. Le réglage correct est assez délicat. Le circuit intermédiaire appliqué par Colin et Jeance n'a rien qui engage à l'adopter; selon moi il

ne sert en rèalité qu'à varier l'accouplement du circuit primaire à l'antenne.

Par le diagramme indiqué dans la figure 1, l'action est due, comme je l'ai dit, en particulier aux variations dans l'intensité de la radiation. Quant au diagramme indiqué dans la figure 2, dont le principe d'ailleurs est analogue à celui qui est appliqué dans la communication télégraphique à grande vitesse entre l'Irlande et le Danemark, on ne varie en principal que la longueur des ondes.

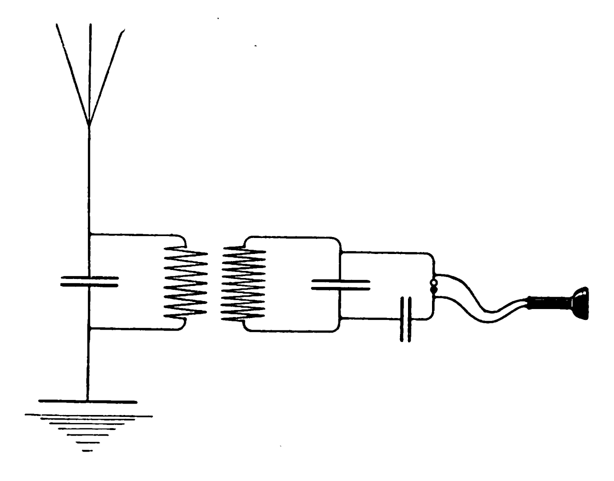


Fig. 3.

Selon moi on n'est pas encore parvenu à des résultats satisfaisants par un tel dispositif; mais comme je viens de le dire en parlant des différents microphones, la solution du problème de trouver la construction la plus favorable d'un microphone à courant puissant, amènera probablement une téléphonie sans fil sur des distances trés considérables, par l'application de variations dans la longueur des ondes radiées.

Il n'est pas possible, tant que les microphones qui font une partie si importante du système transmetteur n'ont pas trouvè leur constitution définitive, d'indiquer un type spécial d'un diagramme transmetteur qui soit le plus utile dans la téléphonie sans fil.

Diagrammes de récepteurs. — Il en est de même des différents diagrammes de récepteurs qui sont appliqués dans la téléphonie sans fil que des diagrammes de transmetteurs: le nombre des différentes variations en est si grand que nous ne pouvons les mentionner ici. D'ailleurs il n'y a pas lieu à le faire, d'autant moins que ce sont en définitive les mêmes dispositions que celles qui sont appliquées dans les cas de la télégraphie sans fil où l'on emploie la réception par l'oreille ou l'enregistrement photographique. Il semblerait peut-être que la fonction des détecteurs dans la télégraphie, où les signaux se produisent assez lentement, fût sensiblement différente à celle des détecteurs de la téléphonie sans fil, qui doivent reproduire des variations dont la durée n'est que de $\frac{1}{1000}$ de sec. et même moins. En effet, il est certain que les détecteurs thermiques sont relativement moins sensibles quand ils sont appliqués dans la téléphonie, qu'ils ne le sont dans la télégraphie; mais les détecteurs à contact, d'une sensibilité très grande, qui sont actuellement les plus employés, ne sont pas probablement basés sur des effets thermiques ou ils ne le sont au moins que secondairement; en tout cas ils ne montrent qu'une différence de phase très petite entre l'action et l'effet, ou n'en montrent pas du tout. Dans la figure 3 j'ai donné un diagramme généralement adopté d'une disposition du récepteur.

Dans la téléphonie sans fil c'est principalement l'intensité du son au poste récepteur qui détermine la distance la plus grande sur laquelle la communication peut être maintenue. En effet, le timbre de la voix reste le même, n'importe à quelle distance, contrairement à ce qui se produit dans la téléphonie ordinaire par fil, où le timbre de la voix est souvent altéré par la transmission. Il est donc tout simple de se servir de relais téléphoniques [1]), et il est hors de doute que l'application de tels relais contribuera beaucoup à élargir le domaine pratique de la téléphonie sans fil.

---

[1]) Un des relais qui semble offrir un grand avantage, est celui qui a été construit par S. G. Brown; voir »Journ. of Inst. Electr. engin.«, vol. 45, p. 590, 1910, où se trouvent encore les comptes-rendus des expériences sur l'application du relais dans la téléphonie sans fil.

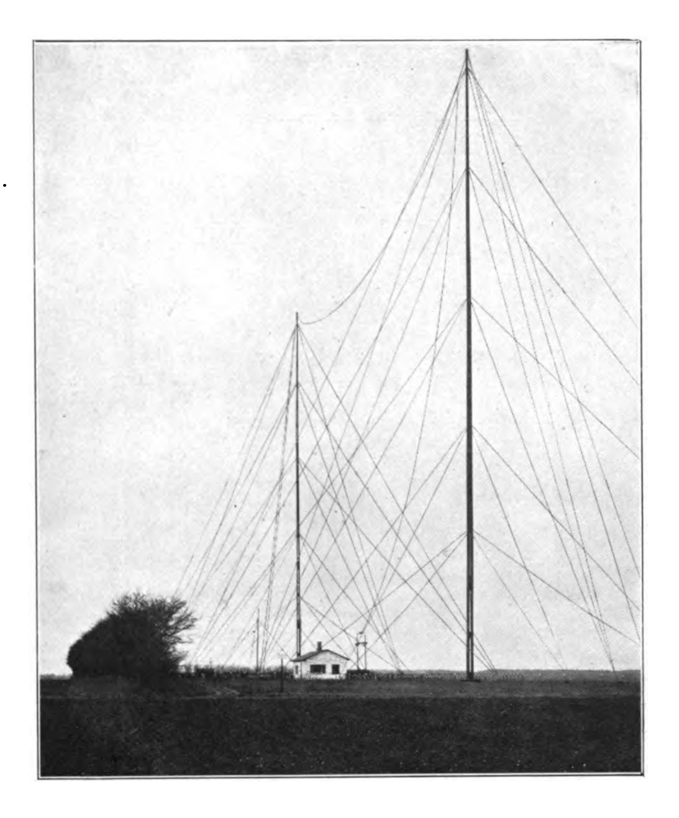
Dans la téléphonie ordinaire les organes récepteurs, ainsi que les organes transmetteurs, sont constamment reliés au circuit, de façon à permettre aux abonnés de converser, à tout temps et simultanément, dans les deux directions. Une disposition analogue ne peut pas être établie facilement dans la téléphonie sans fil: le son prononcé dans le transmetteur d'un poste, produirait un effet si considérable dans le récepteur du même poste, qu'il serait impossible de discerner les paroles, bien plus faibles, qui sont transmises de l'autre poste; d'ailleurs, les organes récepteurs souffriraient sous l'action trop forte. Ainsi, les installations de la téléphonie sans fil établies jusqu'à present ont été faites en général de manière à ne permettre la conversation que dans une seule direction à la fois, de sorte qu'il n'est point possible de parler dans la direction opposée qu' après avoir changé, à l'un des postes les organes récepteurs en organes transmetteurs, et à l'autre les organes transmetteurs en organes récepteurs. Ces circonstances limitent quelque peu l'emploi pratique de la téléphonie sans fil; mais les difficultés ne sont guère aussi grandes qu'elles le paraissent à première vue. Il s'est montré pratique dans la téléphonie ordinaire aussi, dans certains cas où il s'agissait d'établir une communication sur de grandes distances, d'annuler la fonction de l'appareil transmetteur, tant que dure la réception.

Par l'application de méthodes qui sont analogues à celles dont on se sert pour l'établissement de la transmission duplex dans la télégraphie ordinaire il est en principe possible de compenser l'action produite au même poste par le transmetteur sur le récepteur, de façon à ce que ce dernier réagisse uniquement aux ondes qui proviennent du dehors. Il est facile de voir qu'une compensation absolue n'est pas nécessaire, et que l'on peut se tenir à une atténuation qui est assez grande pour pouvoir empêcher le dégât des organes récepteurs et pour conserver les paroles qui arrivent du dehors, distinctes de celles qui résonnent encore dans l'appareil.

En tout cas une installation de cette sorte, proposée par plusieurs, diminuera trés sensiblement l'intensité des paroles transmises; il est donc difficile de prévoir dès maintenant, dans quelle étendue seront appliqués à l'avenir de tels systèmes duplexes.

Une téléphonie sans fil est actuellement pratiquée surtout par des stations ambulantes, spécialement par des stations militaires et

par des stations à bord des bâtiments de guerre, et sur de petites distances. Au fait elle serait aussi très utile dans la marine mar= chande, dans les cas où il suffirait d'établir une communication sur des distances relativement petites; et il est probable que la télé=

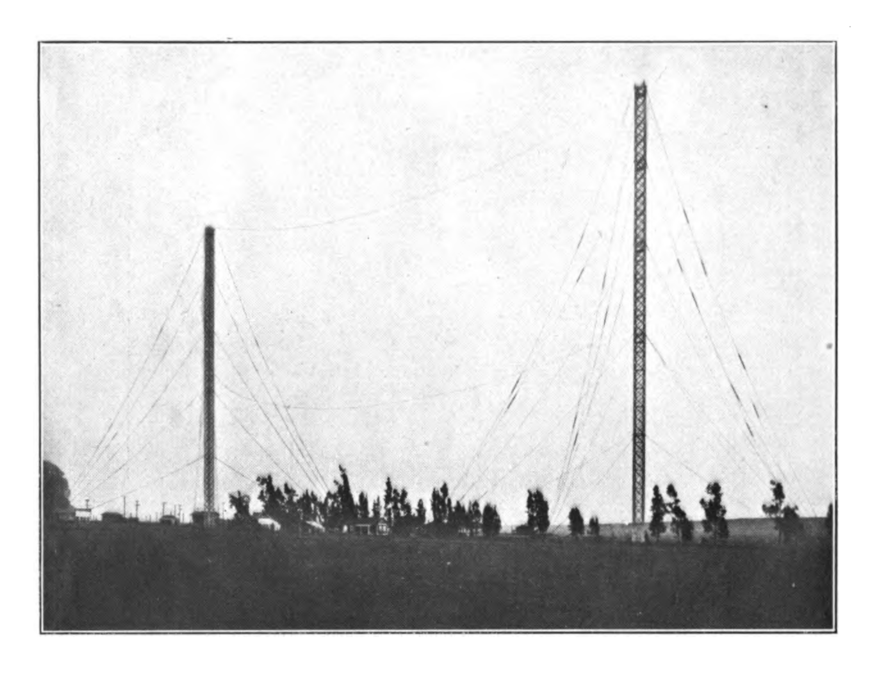


Station d'expériences radiotélégraphique, système Poulsen, à Lyngby près Copenhague.

phonie sans fil, quand la partie technique en sera perfectionnée encore davantage, obtiendra, précisément dans ce domaine, un emploi très considérable, d'autant plus que le personnel des stations ne doit pas nécessairement avoir une instruction télégraphique, ce qui en effet est un grand avantage, particulièrement pour la ma= rine marchande.

Dans l'avenir il sera sans doute possible de se servir de la télé=

phonie sans fil pour établir des communications téléphoniques dans les cas où il serait autrement difficile d'en établir pour des raisons techniques ou d'économie. Elle pourrait déjà être avantageusement utilisée pour établir une communication entre de petites îles dans des régions où il serait difficile de poser et d'entretenir des câbles sousmarins.



Station radiotélégraphique à Los Angeles, Californie, appartenant à la »Poulsen Wireless Corporation«, San Francisco.

Une concurrence avec la téléphonie ordinaire, dans les grandes villes surtout, n'existe absolument pas pour le moment, et il est peu probable qu'elle se déclare jamais.

Les distances sur lesquelles il est possible de téléphoner distinctement, dépendent naturellement beaucoup de la construction des stations communiquantes et de leur dimensions. Avec des stations bien organisées de grandeur moyenne utilisant l'arc à hydrogène, on peut compter sur une communication téléphonique sûre à des

distances de 100 à 200 km. Mes expériences personelles ont donné les résultats suivants: Esbjerg—Lyngby (Février 1908), la hauteur des mâts aux deux stations étant de 67 m, l'énergie primaire de 3 kw, distance de 270 km; Los Angeles—San Francisco (automne 1910), hauteur des mâts 100 m, énergie primaire 12 kw, distance 550 km. La maison »Telephon-Fabrik Aktiengesellschaft vorm. J. Berliner« à Vienne a obtenu pour des stations ambulantes militaires les résultats suivants (1910): hauteur des mâts 27 m, énergie primaire 2,7 kw, distance 50 km; hauteur des mâts 45 m, énergie primaire 2,7 kw, distance 90 km.



